

Cadena Agroindustrial de *Jatropha curcas*

El estado de Sinaloa, México, a través del Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa (CODESIN), impulsa una nueva visión de desarrollo basada en la innovación y orientada a fortalecer y generar en el estado, el capital humano, el conocimiento, la investigación, el desarrollo tecnológico, conectando estas capacidades con el sector productivo y el mercado para la generación de nuevos productos, servicios y negocios basados en el conocimiento, así como la solución de las principales problemáticas en la región. Por este motivo, el CODESIN decidió impulsar, liderar y coordinar un proyecto de alto impacto en el desarrollo regional con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y de Fundación Produce Sinaloa (FPS) titulado: "Desarrollo sustentable de la cadena agroindustrial de *Jatropha curcas*, para el rescate de la zona serrana marginada del noroeste de México". En este libro se presentan de manera integral los resultados obtenidos para cada uno de los eslabones de la cadena productiva de *Jatropha curcas* mostrando que es una opción para el desarrollo regional en el Noroeste de México pero aplicables para cualquier región del mundo.



Luz Gabriela Escoto G.

Maestra en Ciencias con especialidad en sistemas de calidad y productividad por el ITESUM, Campus Sinaloa (2004), México. Cuenta con amplia experiencia en elaboración, gestión y evaluación de proyectos de IDTI, integración de alianzas estratégicas y en actividades de vinculación y transferencia tecnológica.

Cadena Agroindustrial de *Jatropha curcas*

Escoto G., Contreras A., Angulo E.



Luz Gabriela Escoto G. · Ignacio Contreras A. · Miguel Ángel Angulo E.

Cadena Agroindustrial de *Jatropha curcas*

Paquetes tecnológicos para el Noroeste de México



978-3-639-55326-0

PUBLICIA

**Luz Gabriela Escoto G.
Ignacio Contreras A.
Miguel Ángel Angulo E.**

**Cadena AgroIndustrial de Jatropha
curcas**

Paquetes tecnológicos para el Noroeste de México

PUBLICIA

Impressum / Aviso legal

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Información bibliográfica de la Deutsche Nationalbibliothek: La Deutsche Nationalbibliothek clasifica esta publicación en la Deutsche Nationalbibliografie; los datos bibliográficos detallados están disponibles en internet en <http://dnb.d-nb.de>.

Todos los nombres de marcas y nombres de productos mencionados en este libro están sujetos a la protección de marca comercial, marca registrada o patentes y son marcas comerciales o marcas comerciales registradas de sus respectivos propietarios. La reproducción en esta obra de nombres de marcas, nombres de productos, nombres comunes, nombres comerciales, descripciones de productos, etc., incluso sin una indicación particular, de ninguna manera debe interpretarse como que estos nombres pueden ser considerados sin limitaciones en materia de marcas y legislación de protección de marcas y, por lo tanto, ser utilizados por cualquier persona.

Coverbild / Imagen de portada: www.ingimage.com

Verlag / Editorial:

PUBLICIA

ist ein Imprint der / es una marca de

OmniScriptum GmbH & Co. KG

Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Deutschland / Alemania

Email / Correo Electrónico: info@editorial-publicia.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Publicado en: consulte la última página

ISBN: 978-3-639-55326-0

Copyright / Propiedad literaria © 2013 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. / Todos los derechos reservados. Saarbrücken 2013

Contenido

Prólogo V

Sección 1 Producción de plantas de *Jatropha curcas* 7

Capítulo 1 **Producción de plantas de *Jatropha curcas* en Viveros 9**

Jesús Méndez Lozano, María E. Santos Cervantes, María A. Espinoza Verduzco, Jesús A. Chávez Medina, Marela G. Espinoza Mancillas, Zeiby Machuca López y Norma E. Leyva López

Capítulo 2 **Prodelaboración de plantas de *Jatropha curcas* por esquejes 29**

Federico Soto Landeros, Alberto Ochoa Félix, Edith Salazar Villa, Rosalía Sarai Flores Ceballos, Gabriela Escoto González y Miguel Ángel Angulo Escalante

Capítulo 3 **Propagación *in vitro* de *Jatropha curcas* 41**

Francisco Quiroz Figueroa

Sección 2 Paquetes Agronómicos 53

Capítulo 4 **Manejo agronómico de *Jatropha curcas* en la zona norte de Sinaloa 55**

Adolfo Dagoberto Armenta Bojórquez

Capítulo 5 **Manejo agronómico de *Jatropha curcas* en la zona centro de Sinaloa 77**

Federico Soto Landeros, Alberto Ochoa Félix, y Miguel Ángel Angulo Escalante

- Capítulo 6 **Manejo agronómico de *Jatropha curcas* en la zona sur de Sinaloa 91**
Federico Soto Landeros, Alberto Ochoa Félix, y Miguel Ángel Angulo Escalante
- Capítulo 7 **Manejo agronómico de *Jatropha curcas* en la zona norte de Nayarit 105**
Filiberto Herrera Cedano
- Capítulo 8 **Manejo agronómico de *Jatropha curcas* en la zona sur de Sonora 125**
Federico Soto Landeros, Alberto Ochoa Félix, y Miguel Ángel Angulo Escalante
- Sección 3 Aplicaciones Industriales de productos y coproductos 135**
- Capítulo 9 **Producción industrial de harina y aceite a partir de *Jatropha curcas* L. 137**
Federico Soto Landeros, y Miguel Ángel Angulo Escalante
- Capítulo 10 **Producción de alimento para tilapia utilizando harina y aceite de *Jatropha curcas* 145**

Ana C. Puello-Cruz, Pabla Almazán-Rueda, y Armando García-Ortega
- Capítulo 11 **Producción de alimento para aves (*codorniz japonesa*) en engorda 167**

Alfredo Estrada Angulo, Miguel Angel Angulo Escalante, Jesus Jose Portillo Loera, Ignacio Contreras Andrade, Filiberto Herrera Cedano, Alejandro Plascencia Jorquera
- Capítulo 12 **Producción de alimento para rumiantes (ovinos de pelo) en engorda 173**

Alfredo Estrada Angulo, Alejandro Plascencia Jorquera, Jesús José Portillo Loera, Francisco Gerardo Ríos Rincón, Miguel Ángel Angulo Escalante, Horacio Dávila Ramos, y Juan Carlos Robles Estrada
- Capítulo 13 **Producción de alimento para camarón usando pasta de *Jatropha curcas* 179**
Hervey Rodríguez González, Laura Gabriela Espinosa Alonso, Luis

III

Daniel García Rodríguez, Ely Sara López Álvarez, Breidy Lizeth Cuevas Rodríguez, Franciscos Valdez González, Magnolia Montoya Mejía y Arturo Polanco Torres.

Capítulo 14 **Producción de biodiesel y glicerina a partir de *Jatropha curcas* 193**

Salomé Soto León, Cuauhtémoc Reyes Moreno, Jorge Milán Carrillo, Edith Cuevas Rodriguez, Marco Antonio Sanchez Castillo, Carlos Guerrero Fajardo, e Ignacio Contreras Andrade¹

Capítulo 15 **Producción de pellets energéticos con biomasa residual de *Jatropha curcas* 221**

Edith Salazar Villa, Federico Soto Landeros, y Miguel Ángel Angulo Escalante

Capítulo 16 **Producción de ácidos húmicos a partir de testa de *Jatropha curcas* 229**

Salomé Soto León, Lorenzo A. Picos Corrales, Edith Cuevas Rodriguez, Marco A. Sanchez Castillo, Fabio E. Sierra, Ángel Valdez Ortiz, Keila Milán Noris e Ignacio Contreras

Capítulo 17 **Almacenamiento en silos sobre la calidad de semillas de *Jatropha curcas* 249**

Edith Salazar Villa, Yolanda Yucari Palomares Sánchez, María del Rosario Gil Avilés, Federico Soto Landeros, Rosalía Saraí Flores Ceballos, Gabriela Escoto González, y Miguel Ángel Angulo Escalante

Sección 4 Modelos de negocios 265

Capítulo 18 **Análisis de variables críticas en la cadena Agroindustrial de *Jatropha curcas* 267**

Luz Gabriela Escoto González, Rosalía Saraí Flores Ceballos y Enrique Maytorena García.

Capítulo 3

Propagación *in vitro* de *Jatropha curcas*

Francisco Quiroz Figueroa *

Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de
Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)-Sinaloa.
fquirozf@hotmail.com

1. Introducción

Entre las opciones de cultivos potenciales para la producción de bioenergéticos, *Jatropha curcas*, también conocida como piñón, es considerada una de las opciones más viables en países tropicales y subtropicales debido al alto contenido de aceites de sus semillas (entre 30 y 40 %) con una composición de lípidos similar a los combustibles fósiles y que no compite con otros cultivos ya que no es comestible.

Entre sus ventajas se ha mencionado, una alta resistencia a la sequía, crecimiento rápido, fácil propagación, bajo costo de la semilla, alto contenido de aceite, períodos de gestación corta, amplia adaptabilidad,

crecimiento y producción de semillas en suelos buenos y degradados y usos adicionales de sus diferentes partes.

Dado que, *J. curcas* se encuentra en un período de domesticación, los germoplasmas disponibles carecen de información genética, tienen rendimientos bajos y variables de temporada a temporada, una estrecha diversidad genética, son vulnerables al ataque de insectos y enfermedades y la variabilidad en el rendimiento y contenido de aceite esta fuertemente influenciada por el medio ambiente.

Para eliminar estas características se requiere realizar cruzas para obtener genotipos superiores, enfocada a la obtención de plantas con altos rendimiento en la producción de semillas y aceites, una maduración homogénea de la semilla, reducción en la altura del arbusto, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a la salinidad, alta relación de flores femeninas respecto a las masculinas y el mejoramiento de las propiedades para la producción de combustible.

El mejoramiento genético de *J. curcas* es inminente, ya sea a través de cruzas (mejoramiento tradicional), inducción de mutaciones vía compuestos químicos, transferencia de genes de otras especies (hibridación interespecífica) y transformación genética.

Estudios en la regeneración y transformación genética han permitido la producción y la liberación comercial de plantas transgénicas en diversos cultivos.

Las técnicas de cultivo de tejidos y transferencia de genes en piñón, así como en otros miembros de la familia *Euphorbiaceae*, con excepción de Cassava y *Hevea brasiliensis*, están menos desarrolladas; dichos protocolos son el preludio para el mejoramiento genético a través de técnicas biotecnológicas.

El cultivo de tejidos vegetales (CTV) o cultivo *in vitro*, es un grupo de técnicas diseñadas para estimular el crecimiento y la multiplicación de células o tejidos o mantenerlas usando nutrientes sintéticos en un medio ambiente aséptico y controlado.

El CTV tiene un alto potencial para la aplicación a nivel comercial, al permitir generar grandes volúmenes de individuos de una especie o variedad en tiempos menores y a un menor costo; en la investigación básica se utiliza para la generación de compuestos de interés

Propagación *in vitro* de planta de *Jatropha curcas* industrial, morfogénesis, estudio de genes, generación de organismos genéticamente modificados, etc. teniendo impacto en las áreas de la biología celular, genética, bioquímica y la biología molecular. Las técnicas van desde el cultivo de células, anteras, óvulos, embriones, aislamiento y fusión de protoplastos, selección de células y cultivo de brotes.

La propagación *in vitro* presenta algunas ventajas sobre los métodos tradicionales de propagación (por semilla y esquejes):

1. Generación y mantenimiento de germoplasma.
2. Producción de haploides.
3. Producción de híbridos entre especies incompatibles.
4. Producción de plantas a partir de semillas que tiene muy baja probabilidad de germinar y crecer.
5. Producción de plantas en la ausencia de semillas o polinizadores necesarios para producir semillas.
6. Propagación genética estable: propagación de copias exactas de plantas con características agronómicas para conservar.
7. Regeneración de plantas a partir de semillas que son genéticamente modificadas.

El CTV puede clasificarse dependiendo del tipo celular cultivado por ejemplo: cultivo de callos, de células en suspensión, de protoplastos, de microesporas, de embriones, de ovarios, de raíces, de meristemos, de brotes, de anteras y/o polen.

El CTV se realiza bajo condiciones asépticas usando campanas de flujo laminar y los explantes provenientes del medio ambiente como puede ser meristemos de plantas, semillas, tallos, hojas requieren de esterilización superficial para eliminar las bacterias u hongos y poder usarlo como material inicia.

Entre las soluciones desinfectantes se encuentran detergentes como el Tritón y Tween, el alcohol etílico y el hipoclorito de sodio, todos de baja toxicidad, también se suele usar el cloruro de mercurio cuya principal desventaja es su alta toxicidad y que es difícil de desechar. Los medios de cultivo sintéticos pueden ser líquidos y semisólidos y sus uso depende del tipo de cultivo que se desee implementar, ambos

están compuestos de sales inorgánicas adicionados con nutrientes orgánicos, vitaminas y reguladores del crecimiento y agar u otro agente gelificante como el phytogel (Sigma-Aldrich).

Los compuestos más importantes para el tipo de respuesta en el CTV son la fuente de nitrógeno (nitrato, amonio o aminoácidos) y fitoreguladores.

La respuesta durante el CTV dependerá principalmente del tipo y edad del explante, estado fisiológico, del balance de los reguladores endógenos y el tipo y concentración del fitoregulador exógeno.

El cultivo de tejidos vegetales es una de las herramientas de la biotecnología de plantas que se basa en la teoría de la totipotencialidad de las células de plantas propuesto inicialmente por Haberlandt en 1902 y demostrado en el siglo 19 por Steward (1958).

En el caso de la regeneración de *Jatropha curcas*, se han propuesto varios protocolos. La gran mayoría de la literatura muestra que la regeneración directa es una de las más efectivas; sin embargo recientemente fue publicado un método de propagación vía embriogénesis somática altamente eficiente.

Plantas de campo con siete meses de edad fueron usadas y sus nodos foliares usados como explantes.

La proliferación de brotes se obtuvo al usar el medio MS suplementados con bencil amino purina y adenina, sin embargo está proliferación fue significativamente más eficiente al transferir los explantes a un medio MS con citocinina, bencil amino purina y adenina. El enraizamiento fue estimulado con ácido indol butírico por tres semanas y el alargamiento de la raíces se obtuvo en medio MS sin suplementos.

Se obtuvo un 87% de sobrevivencia al transferir las plantas a campo.

En un segundo protocolo, se usaron discos cotiledonares para la inducción de brotes en medio MS suplementado con bencil amino purina y ácido indol butírico durante cuatro semanas, una vez desarrollado el callo, los brotes se regeneraron al transferirlos a un medio MS con bencil amino purina, ácido indol butírico y giberelinas.

El enraizamiento de los brotes se obtuvo en 0.5X de MS y ácido indol butírico con un 78% de explantes con respuesta. Otro compuesto

Propagación in vitro de planta de *Jatropha curcas*
químico con actividad de citocinina es el tidiazurón, varios protocolos han sido propuestos con una alta eficiencia en la inducción de brotes usando embriones cigóticos inmaduros como explantes.

2. Insumos y equipos

- Semillas de *Jatropha curcas* de cosecha más reciente.
- Reactivos para la escarificación de las semillas: Triton X-100, ácido sulfúrico, alcohol etílico, hipoclorito de sodio y agua destilada.
- Reactivos para la preparación de los diferentes medios de cultivo; sales de MS, fitorreguladores: bencil amino purina, cinetina, ácido indol butírico, ácido indol acético y ácido naftalen acético y suplementos como la cisteína, sacarosa, tiamina, mio-inositol, agar, carbón activado, cinta testigo.
- Para el trabajo en la campana de flujo laminar es necesario alcohol etílico grado industrial, toallas adsorbentes, cinta.
- Para verter los medios de cultivo es necesario tener frascos de 0.5 y 1 L (litros), así como cajas magentas y Petri.
- Accesorios como tijeras, bisturís, pipetas de varios volúmenes, aspersores, plumones.
- Los equipos necesarios para el trabajo de cultivo *in vitro* son una campana de flujo laminar, autoclave, brotex, placa de agitación, centrifuga, potenciómetro, refrigerador y congelador.

3. Metodología

Con el objetivo de esterilizar la superficie de la semilla es necesario un tratamiento con compuesto químicos para finalmente puedan ser sembradas en los medios de cultivo estériles.

- a) lave con 50 mL 10 semillas por cinco minutos en una solución acuosa de Triton X-100 al 0.1 % (0.05 mL)
- b) Enjuague las semillas con 50 mL de agua estéril, repita el paso cinco veces.
- c) Remoje las semillas en 10 mL ácido sulfúrico concentrado por tres minutos y lave con 50 mL de agua destilada estéril, repita el paso cuatro veces

- d) Lave las semillas por tres minutos con 20 mL de alcohol etílico y enjuague con agua destilada estéril cinco veces.
- e) Lave con 20 mL de cloro por 15 minutos y enjuague con agua destilada estéril cinco veces o hasta eliminar el exceso de cloro.

Una vez estériles superficialmente las semillas se procede a:

- a) Eliminar la testa con un bisturí.
- b) La nuez o embrión se siembre en medio de cultivo estéril que contiene 2.15 gramos de sales de MS (sigma-aldrich, Murashige et al. 1962) suplementadas con cisteína 0.25 mg/L, sacarosa 5 g/L, 10 mg/L tiamina y 100 mg/L mio-inositol, 10 g/L agar y pH 5.7-5.8.
- c) Los embriones o nueces sembradas se dejan crecer por 30 días a 30 ± 2 °C para obtener plantas robustas.

Hojas de plantas bien crecidas son usadas como explantes para la inducción de brotes.

- d) Prepara el medio de inducción de brotes: 2.15 gramos de sales de MS con 2 mg/L tidiazuron, 5 g/L de sacarosa, 10 g/L agar y pH 5.7-5.8.
- e) Se cortan las hojas en cuadros de aproximadamente 1 cm y se ponen en el medio de cultivo.
- f) Cuatro semanas después los pedazos de hojas son puestos en un medio para el alargamiento de los brotes inducidos.
- g) El medio se prepara con 2.15 gramos de sales de MS, 1 mg/L de bencil amino purina, 2 mg/L de cinetina y 10 gramos de agar a un pH de 5.8.
- h) Una vez que los brotes alcanzan el tamaño de aproximadamente 0.5 cm son transferidos a otro medio con 2.15 gramos de sales de MS (sigma-aldrich, Murashige et al. 1962), 30 mg/L de IBA, 10 mg/L de IAA y 50 mg/L de NAA, pH 5.8. durante tres semanas.
- i) Finalmente los brotes son transferidos al medio de crecimiento de la raíz, el cual contiene 2.15 gramos de sales de MS y 0.025 gramos de carbón activado.

Nota

Todo el material a usar así como los medio de cultivo son esterilizados en autoclave por 20 minutos a 121 °C.

4. Costos

Se obtuvo un método para la propagación *in vitro*, con un amplio potencial para hacerlo más eficiente usando los genotipos mexicanos que, en colaboración con otros investigadores, se consideren atractivos para su propagación masiva. El método de propagación clonal obtenido también será de gran utilidad para la transformación genética de *J. curcas*.

Se debe considerar que este es el primer protocolo que se establece utilizando germoplasmas mexicanos, se ha observado que requieren de condiciones diferentes para el cultivo *in vitro* con respecto a los germoplasmas utilizados por los grupos asiáticos, las posibilidades de optimizarlo son muy altas lo cual se recomienda fuertemente, pues esto abatiría los costos de producción.

Tiempo (meses)	1	0.5	2	0.5	1.5	3	1	2	11.5
	Medio germinación	Medio inducción brotes	Medio crecimiento brotes	Medio inducción raíces	Medio desarrollo raíces	Crecimiento	Acimatación	Ix situ	
Semillas 1 kg (1000 unid)	\$ 0.50	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 30.00	\$ 30.00			
Medio MS 1 L	\$ 91.18	\$ 91.18	\$ 91.18	\$ 91.18	\$ 91.18	\$ 91.18			
sacarosa 2.5 kg-1 g	\$ 0.39	\$ 23.14	\$ 23.14	\$ 23.14	\$ 23.14	\$ 23.14			
agar 2.5 kg- 1g	\$ 1.87	\$ 13.10	\$ 13.10	\$ 13.10	\$ 13.10	\$ 13.10			
cisteina 1 gr	\$ 47.88	\$ 0.60	\$ 0.60	\$ 0.60	\$ 0.60	\$ 0.60			
tiamina	\$ 15.88	\$ 0.64	\$ 0.64	\$ 0.64	\$ 0.64	\$ 0.64			
mio-inocitol	\$ 13.07	\$ 1.31	\$ 1.31	\$ 1.31	\$ 1.31	\$ 1.31			
ppm 500 mL	\$ 21.71	\$ 10.85	\$ 10.85	\$ 10.85	\$ 10.85	\$ 10.85			
TDZ 1 mg	63.6525			\$ 420.58	\$ 420.58	\$ 420.58			
Cajas petri 10 cajas	16.124		\$ 64.50						
Agua destilada 1 L	2.5	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	\$ 5.00	
Cint testigo	\$ 0.07	\$ 0.13	\$ 0.13	\$ 0.13	\$ 0.13	\$ 0.13			
Metromix 1 L	\$ 1.97						\$11,849.62	\$ 23,699.24	
Bolsa plastico Unidad	\$ 0.35						\$ 2,101.92	\$ 2,101.92	
alcohol 1 L	\$ 36.66	\$ 7.33	\$ 7.33	\$ 7.33	\$ 7.33	\$ 7.33			
Papel secante 1 rollo	\$ 25.90	\$ 1.04	\$ 1.04	\$ 1.04	\$ 1.04	\$ 1.04			
	\$ 189.31	\$ 189.31	\$ 669.39	\$ 604.89	\$ 604.89	\$ 604.89	\$13,956.54	\$ 25,806.16	\$ 42,625.37
									\$ 7.10

Cada planta inicial puede producir aproximadamente 50 brotes

6000

NO INCLUYE COSTO DE MANO DE OBRA

Costo de planta por CTV

5. Bibliografía

Cai, L.; Fu, L. y Ji, L. (2011) Regeneration of *Jatropha curcas* through efficient somatic embryogenesis and suspension culture. GM Crops Vol. 2 No. (2) pag. 110-117.

- Datta, M. M.; Mukherjee, P.; Ghosh, B. y Jha, T. B. (2007) *in vitro* clonal propagation of biodiesel plant (*Jatropha curcas* L.). Current Science Vol. 93 No. (10) pag. 1438-1442.
- Deore, A.; Johnson, T.S. (2008) High-frequency plant regeneration from leaf-disc cultures of *Jatropha curcas* L.: an important biodiesel plant. Plant Biotechnol Rep Vol. 2 No. (1) pag. 7-11.
- DiCosmo, F.; Misawa, M. (1995) Plant cell and tissue culture: alternatives for metabolite production. Biotech.Adv. Vol. 13 No. (3) pag. 425-453.
- Divakara, B. N.; Upadhyaya, H. D.; Wani, S. P. y Gowda, C. L. L. (2010) Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. Applied Energy Vol. 87 No. (3) pag. 732-742.
- Fowke, L. C.; Rennie, P. J. (1995) Botanical microtechnique for plant cultures. Vol. 1 No. (17) pag. 217-228.
- Francis, G.; Edinger, R. y Becker, K. (2005) A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. Natural Resources Forum Vol. 29 No. (1) pag. 12-24.
- Härtel, O. (1999) Gottlieb Haberlandt- a portrait. *In vitro* Cell Developmental Biology-Plant Vol. 35 pag. 157-181.
- Heller (1996) Título: Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Editorial Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute. Rome. pag. 1-66.
- Hoxtermann, E. (1997) Cellular 'elementary organisms' *in vitro*. The early vision of Gottlieb Haberlandt and its realization. Physiologia Plantarum Vol. 100 pag. 716-728.
- Jha, T.; Mukherjee, P. y Datta, M. (2007) Somatic embryogenesis in *Jatropha curcas* Linn., an important biofuel plant. Plant Biotechnology Reports Vol. 1 No. (3) pag. 135-140.
- Krikorian, A. D.; Berquam, D. L. (1969) Plant cell and tissue cultures: the role of Haberlandt. The Botanical Review Vol. 35 pag. 59-87.

- Kumar, A.; Sharma, S. (2008) An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products* Vol. 28 No. (1) pag. 1-10.
- Kumar, N.; Reddy, M. P. (2012) Thidiazuron (TDZ) induced plant regeneration from cotyledonary petiole explants of elite genotypes of *Jatropha curcas*: A candidate biodiesel plant. *Industrial Crops and Products* Vol. 39 No. (0) pag. 62-68.
- Kumar, N.; Vijay Anand, K. y Reddy, M. (2010) Shoot regeneration from cotyledonary leaf explants of *Jatropha curcas* a biodiesel plant. *Acta Physiologiae Plantarum* Vol. 32 No. (5) pag. 917-924.
- Li, M. R.; Li, H. Q.; Jiang, H. W.; Pan, X. P. Y Wu, G. J. (2008) Establishment of an Agrobacterium-mediated cotyledon disc transformation method for *Jatropha curcas*. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* Vol. 92 No. (2) pag. 173-181.
- Loyola-Vargas, V. M.; de-la-peña, C.; Galaz-Avalos, R. M. Y Quiroz-Figueroa, F. R. (2008) *Plant Tissue Culture*. Vol. 2nd No. (50) pag. 875-904.
- Loyola-Vargas; Vázquez-Flota (2006) Título: Plant cell culture protocols. Editorial Humana Press. Totowa, New Jersey. pag. 1-393.
- Mukherjee, P.; Varshney, A.; Johnson, T. S. Y Jha, T. (2011) *Jatropha curcas*: a review on biotechnological status and challenges. *Plant Biotechnol Rep* Vol. 5 No. (3) pag. 197-215.
- Murashige, T.; Skoog, F. (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* Vol. 15 No. (3) pag. 473-497.
- Phillips, G. C.; Hubstenberger, J. F. y Hansen, E. E. (1995) Plant regeneration by organogenesis from callus and cell suspension cultures. Vol. 1 No. (6) pag. 67-79.
- Quiroz-Figueroa, F. R.; Rojas-Herrera, R.; Galaz-Avalos, R. M. y Loyola-Vargas, V. M. (2006) Embryo production through somatic embryogenesis can be used to study cell differentiation in plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*
- Rajore, S.; Batra, A. (2005) Efficient plant regeneration via shoot tip explant in *Jatropha curcas* L. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* Vol. 14 No. (1) pag. 73-75.

- Sharma, S.; Kumar, N. y Reddy, M. P. (2011) Regeneration in *Jatropha curcas*: Factors affecting the efficiency of *in vitro* regeneration. Industrial Crops and Products Vol. 34 No. (1) pag. 943-951.
- Singh, A.; Reddy, M. P.; Chikara, J. y Singh, S. (2010) A simple regeneration protocol from stem explants of *Jatropha curcas*: A biodiesel plant. Industrial Crops and Products Vol. 31 No. (2) pag. 209-213.
- Singh, Z.; Sansavini, S. (1998) Genetic Transformation and Fruit Crop Improvement. pag. 87-134.
- Steward, F. C.; Mapes, M. O. y Mears, K. (1958) Growth and organized development of cultured cells. II. Organization in cultures grown from freely suspended cells. American Journal of Botany Vol. 45 pag. 705-708.
- Street, H. E. (1976) Cell cultures: A tool in plant biology. pag. 7-38.
- Sujatha, M.; Makkar, H. P. S. y Becker, K. (2005) Shoot Bud Proliferation from Axillary Nodes and Leaf Sections of Non-toxic *Jatropha curcas* L. Plant Growth Regulation Vol. 47 No. (1) pag. 83-90.
- Sujatha, M.; Reddy, T. P. y Mahasi, M. J. (2008) Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L.) and *Jatropha curcas* L. Biotechnology Advances Vol. 26 No. (5) pag. 424-435.
- Vasil, I. K.; Ahuja, M. R. y Vasil, V. (1997) Plant tissue cultures in genetics and plant breeding. pag. 127-215.